

533,014

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Mai 2004 (21.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/042199 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F01D 5/28

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003411

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Oktober 2003 (14.10.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 51 720.7 6. November 2002 (06.11.2002) DE

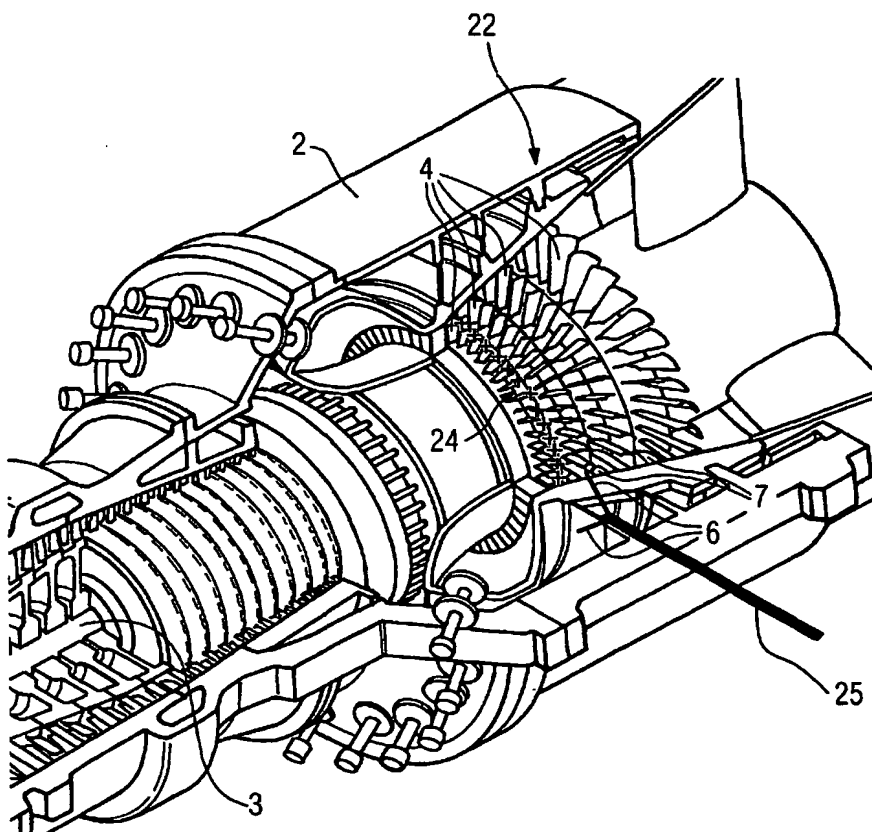
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOSSELMANN,
Thomas [DE/DE]; Ringstr. 30 A, 91080 Marloffstein
(DE). EIERMANN, Franz [DE/DE]; Sonnenhang
42, 96199 Zapfendorf (DE). HEINDEL, Hans-Peter
[DE/DE]; Carlo-Schmid-Str. 9, 90765 Fürth (DE).
SCHNELL, Wilfried [DE/DE]; Langgasse 23, 91301
Forchheim (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TURBO ENGINE

(54) Bezeichnung: STRÖMUNGSMASCHINE



(57) Abstract: The turbo engine (1) comprises rotor blades (4) made of an electrically conductive material with an electrically insulating surface (5), said rotor blades being rotatably mounted on a rotor shaft (3) arranged in a housing (2). The electrically conductive material of the rotor blades (4) is electrically connected to a reference potential. At least one measuring element (6) is arranged in the area of the rotor blades, said measuring element being intended for measuring an electrical and/or magnetic field strength caused by charge distribution on the surface (5) of the rotor blades (4).

(57) Zusammenfassung: Die Strömungsmaschine (1) umfasst an einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordnete Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5). Der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) ist mit einem Bezugspotential elektrisch

verbunden. Im Bereich der Laufschaufeln (4) ist mindestens ein Messelement (6) zur Messung einer elektrischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/042199 A2



(74) **Gemeinsamer Vertreter:** SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Strömungsmaschine

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine mit
an einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle ange-
ordneten Laufschaufeln aus einem elektrisch leitfähigen Werk-
stoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche. Die Er-
findung betrifft ferner eine Strömungsmaschine mit an einer
10 in einem Gehäuse drehbar gelagerten Rotorwelle angeordneten
Laufschaufeln und mit drehfest angeordneten Leitschaufeln aus
einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch
isolierenden Oberfläche.

15 Strömungsmaschinen mit Schaufelanordnungen zur Wechselwirkung
mit einer durch die Strömungsmaschine strömenden Fluidströ-
mung sind grundsätzlich als Verdichter oder Turbinen und der-
gleichen bekannt. Um den Wirkungsgrad solcher Maschinen zu
erhöhen, werden immer höhere physikalische Anforderungen an
20 die verwendeten Materialien der Strömungsmaschine gestellt.
Und zwar wird, um den Wirkungsgrad einer Gasturbine zu erhö-
hen, die Temperatur einer in die Gasturbine einströmenden
Gasströmung auf mehr als 1200°C gesteigert. Um den hohen phy-
sikalischen Anforderungen, insbesondere aufgrund der Tempera-
25 tur, standhalten zu können, werden die Schaufeln der Turbine
mit einer Beschichtung versehen, die einer besonders hohen
Beanspruchung standhält. Eine solche Beschichtung ist bei-
spielsweise das sogenannte Thermal Barrier Coating von Schau-
feln einer Gasturbine, im folgenden TBC genannt, wobei ein
30 Schaufelblatt an seiner der Gasströmung ausgesetzten Ober-
fläche mit einer derartigen Beschichtung versehen wird.

Diese Beschichtung der Schaufel unterliegt einer Alterung,
die unter anderem von der Betriebszeit und den weiteren Be-
35 triebsbedingungen der Schaufel abhängig ist. Nach Erreichen
einer vorgegebenen Betriebszeit löst sich beispielsweise die
Beschichtung von der Schaufel ab, wodurch die Schaufel unge-

schützt der hohen Beanspruchung durch die Gasströmung ausgesetzt ist. Ein umgehendes Auswechseln der Schaufel ist erforderlich, um eine Zerstörung dieser Schaufel und damit eine Beschädigung der Turbine zu vermeiden.

5

Im Stand der Technik werden daher Betriebszeiten für derartige Schaufeln vorgegeben, nach deren Erreichen die Turbine zerlegt und die Schaufeln ausgewechselt bzw. neu beschichtet werden, auch wenn die Schaufeln noch keine Beschädigungen

10

aufweisen. Nachteilig ist hierbei, dass, um Ausfälle von Schaufeln und der Turbine zu vermeiden, die Wartungsintervalle derart kurz bzw. häufig gewählt werden, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Fehler zwischen zwei Wartungsintervallen nicht auftritt. Es wäre daher wünschenswert, eine derartige Strömungsmaschine erst dann einer Wartung unterziehen zu

15

müssen, wenn ein Austausch der Schaufel oder eine Neubeschichtung erforderlich ist, um insbesondere Kosten und Standzeiten gering zu halten.

20

Eine Möglichkeit, die Beschädigung einer Beschichtung einer Schaufel festzustellen, bevor die Schaufel selbst beschädigt ist, ist in US 6 512 379 offenbart. Bei der bekannten Vorrichtung übt Gas, das durch die Turbinen strömt, Druck auf die Turbinenschaufeln aus, der zu elastischen Verformungen

25

der Schaufel führt. Zudem wird beim Umströmen der Schaufeln Reibung zwischen Gas und Schaufeln verursacht. Dies führt zu Radiofrequenzsignalen typischerweise im GHz-Bereich, erzeugt durch einen druckinduzierten piezoelektrischen Effekt, einen dehnungsinduzierten elektrostrikativen Effekt oder einen rei-

30

bungsinduzierten „tribo-charging“-Effekt. Die Radiofrequenzen werden mit einer HF-Antenne detektiert. Eine Beschädigung der Beschichtung einer Turbinenschaufel führt zu einem bezüglich der übrigen Schaufeln abweichenden Signal. Dies lässt auf eine Beschädigung der Oberflächenbeschichtung schließen.

35

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einer einfachen weiteren Möglichkeit die Beschädigung einer

Beschichtung einer Schaufel festzustellen, bevor die Schaufel selbst beschädigt ist.

Als Lösung wird mit der Erfindung vorgeschlagen, dass der
5 elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln mit einem
Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und die Strömungs-
maschine mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln angeord-
netes Messelement zur Messung einer elektrischen und/oder
10 magnetischen Feldstärke aufweist, die durch eine Ladungsver-
teilung an der Oberfläche der Laufschaufeln hervorgerufen
ist.

Es wird der Effekt ausgenutzt, dass sich Ladungen bevorzugt
auf Isolatoren „festsetzen“, während sie auf leitenden Mate-
15 rialien abfließen. Genau das trifft für die TBC-Keramik-
schicht zu, auf der sich geladene Teilchen aus dem ionisier-
ten Gasstrom absetzen, während sie auf unbeschichteten Metall
abfließen. Die Ladungsmenge auf der Schicht ist proportional
zur TBC-Fläche, wodurch eine Bemaßung für die Integrität der
20 Keramikschicht entsteht. Rotieren nun die Laufschaufeln an
einer feststehenden Antenne vorbei, so können die Ladungsdif-
ferenzen detektiert werden, und zwar zum einen zum Bereich
ohne Schaufel (Zwischenraum) und zum anderen zwischen den
einzelnen Schaufeln, was eine Aussage über Defekte der TBC-
25 Schicht erbringt. Die Detektion des durch die Ladungen er-
zeugten elektrischen Feldes, dessen Frequenz sich aus der
Multiplikation von Umlaufdrehzahl (z.B. 60 Hz) und Anzahl der
Schaufeln (z.B. 80) ergibt (z.B. 4800 Hz), kann z.B. über ei-
ne koaxial ausgeführte Dipolantenne (kapazitive Kopplung),
30 die in den Gasstrom hineinragt, erfolgen. Die Detektion er-
folgt damit im Niederfrequenzbereich. Eine Aussage über die
Integrität der Schaufeln kann im Zeitbereich anhand der Amp-
litudenhöhe im Frame von z.B. 80 Schwingungen (Schaufelan-
zahl) gemacht werden, bzw. im Frequenzbereich durch das Er-
35 scheinen von Harmonischen der Umlaufdrehzahl von z.B. 60 Hz.
Bei idealen Verhältnissen wären im Zeitbereich alle Amplitu-

den eines Frames gleich bzw. im Frequenzbereich dürften unterhalb der z.B. 4800 Hz keine Subharmonischen zu sehen sein.

Erstmals wird mit der Erfindung eine Möglichkeit geschaffen, den Zustand der Schaufeln zu überwachen, insbesondere kontinuierlich auch während des Betriebes der Strömungsmaschine, und rechtzeitig bei Erreichen einer vorgebbaren Verschleißgrenze eine Wartung und/oder Überholung der Turbine, insbesondere der Schaufeln, durchzuführen. Wie oben ausgeführt, wird der Effekt ausgenutzt, dass sich Ladungen bevorzugt auf Isolatoren ansammeln, während sie auf leitenden Materialien durch diese abgeleitet werden. Ladungen treten bei der Strömung fluider Stoffe auf, wenn entweder das Fluid selber in entsprechende Ladungsträger dissoziiert ist oder dem Fluid entsprechende Ladungsträger zugeführt worden sind. Die auf einer isolierenden Schicht akkumulierte Ladung kann proportional zu deren Fläche sein, jedoch ist sie im wesentlichen abhängig von der Fläche. Die auf den rotierenden Laufschaufeln akkumulierten Ladungsträger erzeugen ein elektrisches Feld, dessen Feldstärke mit dem Messelement detektiert werden kann. Über eine Auswertung der Signale des Messelements kann daher auf die Feldstärke geschlossen werden. Eine intakte Schaufel erzeugt im Messelement eine entsprechend ausgeprägte Amplitude des Messsignals (z.B. elektrische Spannung). Eine verschlissene Beschichtung auf einer Laufschaufel oder eine fehlerhafte Beschichtung führt zu einem Ableiten der Ladung über die elektrisch leitfähige Laufschaufel zu einem mit der Laufschaufel in elektrischer Verbindung stehenden Bezugspotential. Eine solche Schaufel kann daher ein Messsignal mit kleinerer Amplitude im Messelement erzeugen. Mit Drehung der Rotorscheibe können nacheinander alle Schaufeln eines Schaufelrades am Messelement vorbeigeführt werden, so dass der Zustand der Laufschaufeln dieses Laufschaufelrades vollständig ermittelbar ist.

In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine drehfest angeordnete Leitschaufeln aus ei-

- nem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche aufweist, wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Leitschaufeln mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist und im Bereich der Leitschaufeln an der Rotorwelle mindestens ein Messelement zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der Leitschaufeln hervorgerufen ist, vorgesehen ist. So kann unter Ausnutzung desselben Effektes eine auf den Leitschaufeln vorgesehene isolierende Oberfläche ebenfalls überwacht werden. Diese weitere Ausgestaltung kann auch mit den vorerwähnten Maßnahmen kombiniert werden, die sich auf eine Feststellung von Beschädigungen an den beschichteten Laufschaufeln beziehen.
- Es wird ferner vorgeschlagen, dass das Messelement durch eine Koaxial-Antenne gebildet ist. Die Koaxial-Antenne kann vorteilhaft sehr kompakt ausgebildet sein und demzufolge einfach in eine vorhandene Konstruktion integriert werden. Die Koaxial-Antenne weist darüber hinaus günstige Messeigenschaften auf, wobei Verzerrungen oder Messfehler aufgrund des verwendeten Messprinzips gering gehalten werden können. Eine Koaxial-Antenne kann ferner mit einfachen Mitteln derart ausgestaltet werden, dass sie den hohen physikalischen Anforderungen an der vorgesehenen Messstelle standhält. Grundsätzlich sind natürlich auch andere Messelemente einsetzbar, wie beispielsweise Elektrometer und dergleichen. Daneben können jedoch auch Messelemente vorgesehen sein, die aufgrund des durch die Bewegung der Ladung erzeugten magnetischen Feldes ein entsprechendes Signal erzeugen. So kann das Messelement auch als Messspule ausgebildet sein, mit welchem Magnetfeldänderungen ermittelbar sind, aus denen der Zustand der Beschichtung der Schaufeln bestimmbar ist.
- Weiterhin wird vorgeschlagen, dass das Messelement mit einer Messeinheit verbindbar ist. Mittels der Messeinheit kann vorteilhaft das durch das Messelement gelieferte Messergebnis zu einer weiteren Verarbeitung aufbereitet werden.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Messeinheit eine Überwachungseinheit umfasst. Mittels der Überwachungseinheit kann beispielsweise das Erreichen eines vorgebbaren Schwellwertes ermittelt werden, bei dessen Erreichen eine Wartung der Strömungsmaschine vorgesehen ist.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Messeinheit mit einer Zentrale in Kommunikationsverbindung steht. So kann einerseits ein Messergebnis permanent an die Zentrale übermittelt werden, um beispielsweise eine folgende Wartung zu prognostizieren oder auch um in Abhängigkeit des aktuellen Verschleißzustands Maßnahmen wie Wartung initiieren oder Reserveeinheiten aktivieren zu können. Es kann jedoch auch ein Erreichen eines Schwellwertes übermittelt werden. Die Kommunikationsverbindung kann beispielsweise über Funk, Internet oder dergleichen ausgeführt sein. In der Zentrale können die übermittelten Daten für eine spätere weitere Verarbeitung gespeichert werden.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass die Überwachungseinheit eine Melde- und/oder eine Warneinrichtung aufweist. Bei Erreichen eines Schwellwerts kann so eine Warnung an das Bedienpersonal ausgegeben werden, so dass rechtzeitig geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können. Eine Meldeeinrichtung kann beispielsweise durch einen Monitor gebildet sein, auf dem die aktuellen Messwerte anzeigbar sind. Die Werte können jedoch auch grafisch auf dem Monitor dargestellt sein und sie können ferner einstellbaren Schwellwerten gegenübergestellt sein. Bei Erreichen eines Schwellwertes kann eine Warneinrichtung wie beispielsweise eine Warnleuchte, Rundumleuchte, ein Signalhorn oder dergleichen aktiviert werden. Es kann jedoch auch eine Meldung an die Zentrale erfolgen.

Ferner wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine mittels der Überwachungseinheit abschaltbar ist. So kann vorteilhaft erreicht werden, dass bei Feststellung von Defekten auf den

Schaufeln die Maschine abgeschaltet wird, bevor die Maschine beschädigt wird. Standzeit, Reparaturkosten und Reparaturaufwand können reduziert werden.

- 5 In einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Strömungsmaschine eine Turbine, insbesondere eine Gasturbine, ist. Besonders vorteilhaft kann erreicht werden, dass besonders hoch beanspruchte Schaufeln von Gasturbinen hinsichtlich einer Beschädigung der Beschich-
10 tung kontinuierlich überwacht werden. Das Vorgeben von festen Wartungsintervallen kann eingespart werden. Darüber hinaus kann der Wartungszeitpunkt bedarfsgerecht in Abhängigkeit vom tatsächlichen Zustand der Schaufel gewählt werden. Standzeiten und Kosten für vorzeitige Wartung können weiter reduziert
15 werden. Darüber hinaus kann vorteilhaft durch entsprechende Speicherung und Verarbeitung der Messdaten die Qualität der verwendeten Schaufeln überwacht werden. Bei Qualitätseinbußen, was sich in kürzeren Wartungsabständen äußert, kann ein entsprechendes Steuern des Bearbeitungsprozesses der Schaufeln veranlasst werden.
20

- Mit der Erfindung wird ferner ein Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer elektrisch isolierenden Oberfläche auf mindestens einer in einem Gehäuse drehbar gelagerten Ro-
25 torwelle angeordneten Laufschaufel aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine vorgeschlagen, wobei mittels eines Messelements eine elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der Laufschaufeln hervorgerufen ist, gemessen
30 und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert ermittelt wird. Vorteilhaft kann der Zustand der Oberfläche einer Schaufel überwacht werden und das Erreichen einer vorgebbaren Verschleißgrenze festgestellt werden. Es können jedoch auch mehrere Messelemente vorgesehen sein, deren Messwerte paral-
35 lel mit entsprechend vorgebbaren Schwellwerten verglichen werden. So kann beispielsweise eine Redundanz hinsichtlich der Messelemente vorgesehen werden, so dass eine hohe Zuver-

lässigkeit der Messung erreichbar ist. Dies ist insbesondere bei großen Gasturbinen vorteilhaft, die in der Energieversorgung eingesetzt werden, und bei denen Fehlmessungen zu hohen Kosten führen würden. Es kann jedoch auch der Zustand einer
5 Leitschaufel ermittelt werden, wenn ein entsprechendes Messelement an der Rotorwelle vorgesehen wird. Das Messverfahren ist analog anwendbar.

Das analoge Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer
10 elektrisch isolierenden Oberfläche mindestens einer in einem Gehäuse drehfest angeordneten Leitschaufel aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine sieht deshalb vor, dass mittels mindestens eines im Bereich der
Leitschaufeln an der Rotorwelle angeordneten Messelements ei-
15 ne elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche der mindestens einen Leitschaufel hervorgerufen ist, gemessen und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert ermittelt wird.

20 Ferner wird vorgeschlagen, dass die Abweichung an eine Zentrale übermittelt wird. Vorteilhaft kann eine Überwachung mehrerer Strömungsmaschinen von einer gemeinsamen Zentrale durchgeführt werden, so dass ein Überwachungsaufwand insgesamt reduziert werden kann.

25

Um vorteilhaft bei Überschreiten des Schwellwerts eine geeignete Maßnahme einleiten zu können, wird vorgeschlagen, dass bei Überschreiten des Schwellwerts eine Warnmeldung ausgegeben wird. Dies kann beispielsweise durch eine Zentrale ausge-
30 führt werden, es kann jedoch auch die Messeinheit selbst eine Warnmeldung erzeugen und ausgeben. Die Ausgabe kann beispielsweise an eine entsprechend geeignete Anzeigeeinheit erfolgen, die eine optische oder akustische Meldung abgibt. Die Meldung kann jedoch auch von der Zentrale abgegeben werden,
35 wenn beispielsweise die Strömungsmaschine im Normalbetrieb ohne technisches Personal betrieben wird.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, dass bei Überschreiten des Schwellwertes die Strömungsmaschine abgeschaltet wird. So kann vorteilhaft eine Schutzfunktion erreicht werden, wodurch verhindert werden kann, dass eine beschädigte Oberfläche zu einer Beschädigung der gesamten Laufschaufel führt. Auch diese Maßnahme kann beispielsweise durch eine Zentrale ausgeführt werden. Dazu können an der Strömungsmaschine entsprechende Steuereinrichtungen vorgesehen sein, mittels derer der Betrieb der Strömungsmaschine steuerbar ist.

In einer weiteren Ausgestaltung wird vorgeschlagen, dass mittels einer Messeinheit das vom Messelement gelieferte Messsignal transformiert, insbesondere Fourier-transformiert wird. Das vom Messelement gelieferte Messsignal weist einen Frequenzanteil auf, der durch das Vorbeilaufen der diskreten Schaufeln am Messelement erzeugt wird. Durch die Transformation des Messsignals können Abweichungen vom Normalwert deutlicher ermittelt werden.

Dazu wird vorgeschlagen, dass eine FFT-Transformiereinheit verwendet wird. Die FFT-Transformiereinheit kann beispielsweise in der Messeinheit oder auch in einer entfernten Zentrale vorgesehen sein. Mit der FFT-Transformiereinheit kann das Messsignal kontinuierlich in ein entsprechendes transformiertes Signal transformiert werden. Eine kontinuierliche Überwachung des transformierten Signals kann erreicht werden.

Um den Zustand der Schaufeln zu bestimmen, wird ferner vorgeschlagen, dass das Ergebnis der Transformation angezeigt und gemeldet wird. So kann beispielsweise einem Bedienpersonal das Ergebnis der Transformation übermittelt werden, um diesem mitzuteilen, in welchem Zustand sich die Schaufeln befinden.

Um beispielsweise eine Meldung zu erzeugen oder ein Kriterium für den Betrieb der Strömungsmaschine zu erzeugen, wird vorgeschlagen, dass das Ergebnis der Transformation mit einem vorgebbaren Schwellwert verglichen wird. So kann vorteilhaft

eine besonders empfindliche und genaue Detektion des Verschleißzustands einer Schaufel erreicht werden. Auch eine geringfügige Abnahme, die als Verschleißanzeichen betrachtet werden kann, kann detektiert werden, so dass rechtzeitig geeignete Maßnahmen wie Austausch der Schaufel oder Reparatur der Beschichtung eingeleitet werden können.

Der Schwellwert kann jedoch auch in Abhängigkeit der verwendeten Schaufel bzw. Beschichtung variiert werden, um unterschiedliche Eigenschaften der Beschichtung bzw. eine unterschiedliche Belastung berücksichtigen zu können. So kann beispielsweise der Schwellwert für eine Schaufel am Fluideintritt der Strömungsmaschine anders eingestellt sein als beispielsweise für eine Schaufel am Fluidaustritt der Strömungsmaschine. Ferner kann der Schwellwert auch als Funktion weiterer Betriebsparameter der Strömungsmaschine vorgegeben werden. So kann der Schwellwert bei hoher Belastung der Strömungsmaschine höher eingestellt sein als bei niedriger Belastung der Strömungsmaschine.

Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen zu entnehmen. Im wesentlichen gleichbleibende Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet. Ferner wird bezüglich gleicher Merkmale und Funktionen auf die Beschreibung zum Ausführungsbeispiel in Fig. 1 verwiesen.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Gasturbine mit einem längs aufgeschnittenen Gehäuse,
- Fig. 2 eine Seitenansicht einer mit einer Beschichtung versehenen Laufschaufel der Gasturbine in Fig. 1,
- Fig. 3 eine Seitenansicht einer mit einer Beschichtung versehenen Leitschaufel der Gasturbine in Fig. 1,

- Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung des Turbinen- und Verdichtbereichs der Turbine in Fig. 1 mit einem erfindungsgemäßen Messelement,
- Fig. 5 ein Prinzipschaltbild, welches einen Betriebsablauf für die in Fig. 1 dargestellte Gasturbine zeigt,
- Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Messvorrichtung zur Messung des Messsignals des Messelements,
- Fig. 7 ein Diagramm zur Darstellung einer Fourier-Transformation des mit dem Messaufbau in Fig. 6 gemessenen Messsignales bei einer Belastung der Gasturbine mit 100 % Leistung,
- Fig. 8 ein Diagramm wie in Fig. 7 mit einem transformierten Messsignal bei einer Belastung der Turbine mit 30 % der Nennleistung und
- Fig. 9 ein Diagramm wie in Fig. 7, mit einem transformierten Messsignal beim Abschalten der Gasturbine bei 100 % Leistung.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Gasturbine 1 des Stands der Technik mit an einer in einem Gehäuse 2 drehbar gelagerten Rotorwelle 3 angeordneten Laufschaufeln 4 sowie mit drehfest angeordneten Leitschaufeln 7. An einem axialen Ende ist ein Lufteinlass 18 vorgesehen, dem axial ein Verdichter 19 nachgeordnet ist. Der Verdichter 19 wird gefolgt von einer Brennkammer 20 mit Brennern 21, an die sich der Turbinenbereich 22 mit dem Gasauslass 23 anschließt. Eine vergrößerte Darstellung des Turbinenbereichs 22 zeigt Fig. 4. In Figur 4 sind mit 24 elektrische Ladungen bezeichnet, die an der Oberfläche der Laufschaufeln 4 vorhanden sind.

30

Fig. 2 zeigt eine einzelne Laufschaufel 4 zur Anordnung auf der Rotorwelle 3, die aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, vorzugsweise einem Metall wie Stahl oder dergleichen, besteht. Die Oberfläche 5 der Laufschaufel 4 ist mit einer elektrisch isolierenden Beschichtung versehen, hier eine Keramikbeschichtung.

35

Fig. 3 zeigt eine entsprechende Leitschaufel 7, ebenfalls aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff, die an ihrer Oberfläche 8 ebenfalls eine Keramikbeschichtung aufweist.

- 5 Über die Rotorwelle 3 und eine nicht näher dargestellte Lagerung dieser Rotorwelle 3 sind die Laufschaufeln 4 geerdet. Ebenso sind die Leitschaufeln 7 über das Gehäuse 2 der Turbine 1 geerdet.
- 10 Während des Betriebs strömt heißes Prozessgas von der Brennkammer 20 durch den Turbinenbereich 22 zum Auslass 23. Der Gasstrom weist aufgrund seiner hohen Temperatur von 1200°C ionisierte Teilchen auf, die sich bevorzugt auf den isolierenden Oberflächen absetzen. Hierdurch laden sich die Oberflächen 5, 8 der Schaufeln 4, 7 positiv auf. Wie aus Fig. 4 ersichtlich, ist gegenüber der ersten Laufschaufelreihe mit den Schaufeln 4 am Gehäuse 2 eine Koax-Antenne 6 vorgesehen, die bei Rotation der Rotorwelle 3 die durch die auf den Laufschaufeln 4 angeordneten Ladungsträger verursachten Feldänderungen des elektrischen Felds detektiert. Die Koax-Antenne 6 erzeugt im Rhythmus der vorbeilaufenden Ladungen entsprechende elektrische Signale, die über eine Leitung 25 an eine Messeinheit 10 übermittelt werden. Die in diesem Beispiel verwendete Gasturbine 1 ist für eine Drehzahl von 3600 Umdrehungen pro Minute vorgesehen und weist an dem der Koax-Antenne 6 gegenüberliegenden Laufschaufelrad 80 radial angeordnete Laufschaufeln 4 auf. Bei der vorgesehenen Drehzahl ergeben sich somit 4800 Impulse pro Sekunde, was einer Frequenz von 4800 Hz entspricht.
- 30 Schematisch ist der Messablauf in Fig. 5 dargestellt. Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt der Rotorwelle 3 der Turbine 1 mit einer daran angeordneten Laufschaufel 4 sowie einer am Gehäuse 2 befestigten Leitschaufel 7. Die Koax-Antenne 6 misst das lokale elektrische Feld und übermittelt ein dem Messwert entsprechendes Signal über die Leitung 25 an die Messeinheit 10. Die Messeinheit 10 bereitet die übermittelten Signale auf und
- 35

führt diese einer von der Messeinheit 10 umfassten Überwachungseinheit 11 zu. Die Überwachungseinheit 11 vergleicht den Pegel der aufbereiteten Signale mit einem vorgebbaren Schwellwert 15 und übermittelt bei Unterschreiten eine entsprechende Warnmeldung an ein Signalhorn 14 und gibt darüber hinaus eine Meldung über eine Funkverbindung 13 an eine Zentrale 12. Die Zentrale 12 weist eine Empfangseinheit 26 auf, die die über die Funkverbindung 13 übermittelten Signale empfängt und aufbereitet. Die empfangenen Signale werden in einer FFT-Einheit 16, z.B. Mathcad, Fourier-transformiert und auf einer Anzeige 27 angezeigt. Die Anzeige 27 kann beispielsweise durch einen Bildschirm oder auch durch in einem Gehäuse eingebaute Leuchtdiodenzeilen gebildet sein. Die Anzeige 27 weist ferner einstellbare Schwellwerte 17 auf, mit denen ein Unterschreiten der transformierten Signalpegel anzeigbar ist. Eine Überwachungseinheit 28 führt einen kontinuierlichen Vergleich der transformierten Signalpegel zu den Schwellwerten durch und übermittelt bei Unterschreiten eines Schwellwertes ein entsprechendes Signal an eine Steuereinheit 29 der Turbine 1. Über die Steuereinheit 29 ist die Turbine 1 abschaltbar. So kann also bei Feststellung eines Verschleißes die Turbine 1 abgeschaltet sowie eine Wartung ausgelöst werden.

25 Eine zur Rotorwelle 3 koaxiale Gasströmung enthält aufgrund ihrer Temperatur von ca. 1200°C Ionen. Die positiven Ladungsträger des Gasstroms lagern sich auf den isolierenden Oberflächen 5 der Schaufeln 4 ab. Die durch die Rotation der Rotorwelle 3 an der Koax-Antenne 6 vorbeigeführten Ladungsträger der Schaufeln 4 bewirken entsprechende Messsignale, die verfahrensgemäß verarbeitet werden. Tritt nun an einer Schaufel 4 eine Beschädigung der isolierenden Oberfläche beispielsweise aufgrund von Verschleiß auf, so nimmt die an der Oberfläche 5 der Schaufel 4 positionierte Ladung ab, indem

35 diese zumindest teilweise über den metallischen Körper der Schaufel 4 nach Erde abgeleitet wird. Die reduzierte Ladungsmenge führt zu einer entsprechenden Signalverminderung der

Koax-Antenne 6, wobei bei Unterschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes 15 die oben genannten Maßnahmen automatisch eingeleitet werden.

5 Ebenfalls in Fig. 5 dargestellt ist eine entsprechende Überwachung für eine mit dem Gehäuse 2 der Turbine 1 verbundene Leitschaufel 7, die ebenfalls eine isolierende Oberfläche 8 aufweist. Auch die Leitschaufeln 7 werden an ihrer Oberfläche 8 entsprechend positiv aufgeladen. An dem gegenüberliegenden
10 Wellenabschnitt der Rotorwelle 3 ist hier ein korrespondierendes Messelement 9 vorgesehen, welches in dieser Ausgestaltung als Induktionssensor ausgebildet ist. Der Induktionssensor 9 rotiert auf axialer Höhe der Leitschaufelanordnung und misst auf diese Weise ein durch die Bewegungsdifferenz erzeugtes magnetisches Feld. Über nicht näher dargestellte Ver-
15 bindungen wird das entsprechende Signal an eine hierfür geeignete Messeinheit übermittelt, welche mit der Messeinheit 10 kommunikationstechnisch verbunden sein kann, um ebenfalls auf das System der Gasturbine 1 einwirken zu können. Grund-
20 sätzlich kann an dieser Stelle jedoch auch ein kapazitives Messelement wie beispielsweise die Koax-Antenne 6 vorgesehen sein.

Fig. 6 zeigt einen Messaufbau zur Messung der von der Koax-Antenne 6 gelieferten Signale. Die Koax-Antenne 6 ist für
25 diese Messung mit einem Verstärker 30 verbunden, dessen Ausgangssignal den Eingang eines Transientenrekorders 31 treibt, dessen Zeitsignal mittels einer FFT in einem PC transformiert wird.

30 Fig. 7 zeigt ein Signalpegel-Frequenz-Diagramm eines vom Transientenrekorder gespeicherten bzw. in Mathcad transformierten Datensatzes der Gasturbine 1 gemäß Fig. 1 bei Betrieb mit 100 % Last. Das Diagramm weist ein kartesisches Koordinatensystem auf, dessen Ordinate den relativen Leistungspegel
35 des gemessenen Signals darstellt, während dessen Abszisse der Frequenz in Herz entspricht. Deutlich erkennbar ist eine ein-

zelne Spitze bei der Frequenz von 4800 Hz, was der oben angegebenen Impulsfolge entspricht.

In Fig. 8 ist ein Diagramm wie in Fig. 7 dargestellt, wobei
5 die Leistung nur 30 % der Nennleistung der Turbine 1 beträgt. Auch hier ist ganz deutlich eine Spitze bei 4800 Hz erkennbar.

Fig. 9 zeigt ein Diagramm wie in Fig. 7, wobei jedoch ein
10 Auslaufen der Turbine 1 von 100 % Last in den Ruhezustand dargestellt ist. Selbst hierbei ist die Spitze bei 4800 Hz deutlich zu erkennen. Hier zeigt sich jedoch, dass der Ordinatenwert der Spitze von der Leistung der Turbine abhängig ist. Um daher eine brauchbare Überwachung der Beschichtung zu
15 erreichen, wird daher der Schwellwert 17 gemäß dem aktuellen Leistungszustand der Gasturbine 1 nachgeführt. So kann bei jedem Leistungszustand der Gasturbine 1 die Wirksamkeit der Beschichtung an der Oberfläche 5, 8 einer Schaufel 4, 7 unabhängig vom Betriebszustand der Gasturbine 1 festgestellt werden.
20

Die in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele dienen lediglich der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend. So können insbesondere die Art des Mess-
25 elements oder die weitere Signalverarbeitung sowie die Anordnung des Messelementes und auch die Zahl der verwendeten Messelemente variieren, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere können natürlich duale Elemente verwendet werden, beispielsweise ein Messelement für ein mag-
30 netisches Feld anstelle eines Messelementes für ein elektrisches Feld, da es sich um die Messung von relativ zum Messelement bewegten Ladungen handelt. Insbesondere ist auch die Überwachung der Beschichtung einer Leitschaufel mittels eines mit der Rotorwelle umlaufenden Messelementes umfasst. Vorteilhaft können mehrere in Richtung der Rotorachse hintereinander
35 liegende Messelemente angeordnet sein. Vorzugsweise besteht die Möglichkeit, dass jedes Messelement einem Ring von Turbi-

nenschaufeln zugeordnet ist. Damit ist es möglich, auf den Ring genau die Beschädigung der Oberflächenbeschichtung zu bestimmen. Ferner ist es möglich, mit Hilfe eines Synchronisationspulses, beispielsweise korreliert mit der Netzfrequenz (z.B. 60 Hz), die Beschädigung der Oberflächenbeschichtung auf die Schaufel genau zu bestimmen.

Bezugszeichenliste

	1	Gasturbine
	2	Gehäuse
5	3	Rotorwelle
	4	Laufschaufel
	5	Oberfläche der Laufschaufel
	6	Koax-Antenne
	7	Leitschaufel
10	8	Oberfläche der Leitschaufel
	9	Induktionssensor
	10	Messeinheit
	11	Überwachungseinheit
	12	Zentrale
15	13	Funkverbindung
	14	Signalhorn
	15	Schwellwert
	16	FFT-Einheit
	17	Schwellwert
20	18	Lufteinlass
	19	Verdichter
	20	Brennkammer
	21	Brenner
	22	Turbinenbereich
25	23	Gasauslass
	24	elektrische Ladung
	25	Leitung
	26	Empfangseinheit
	27	Anzeige
30	28	zweite Überwachungseinheit
	29	Steuereinheit
	30	Verstärker
	31	Transientenrekorder

Patentansprüche

1. Strömungsmaschine (1) mit an einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordneten Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5), wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, g e k e n n z e i c h n e t durch mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln (4) angeordnetes Messelement (6) zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche (5) der Laufschaufeln (4) hervorgerufen ist.
2. Strömungsmaschine (1) mit an einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordneten Laufschaufeln (4) und mit drehfest angeordneten Leitschaufeln (7) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (8), wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Leitschaufeln (7) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, g e k e n n z e i c h n e t durch mindestens ein im Bereich der Leitschaufeln (7) an der Rotorwelle (3) angeordnetes Messelement (9) zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche (8) der Leitschaufeln (7) hervorgerufen ist.
3. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5) versehen sind, wobei der elektrisch leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden ist, und dass mindestens ein im Bereich der Laufschaufeln (4) angeordnetes Messelement (6) zur Messung einer elektrischen und/oder magnetischen Feldstärke vorgesehen ist, die durch eine Ladungs-

verteilung an der Oberfläche der Laufschaufeln hervorgerufen ist.

4. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a
5 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das mindestens eine Messelement (6, 9) durch eine Koaxial-Antenne gebildet ist.

5. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das mindestens eine Messelement (6, 9) mit einer Messeinheit (10) verbindbar ist.

6. Strömungsmaschine nach Anspruch 5, d a d u r c h g e -
15 k e n n z e i c h n e t , dass die Messeinheit (10) eine Überwachungseinheit (11) umfasst.

7. Strömungsmaschine nach Anspruch 5 oder 6, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass die Messeinheit (10) mit
20 einer Zentrale (12) in Kommunikationsverbindung (13) steht.

8. Strömungsmaschine nach Anspruch 6 oder 7, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass die Überwachungseinheit
(11) eine Melde- und/oder eine Warneinrichtung (14) aufweist.
25

9. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die
Strömungsmaschine (1) mittels der Überwachungseinheit (11)
abschaltbar ist.
30

10. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die
elektrisch isolierende Oberfläche (5, 8) durch eine Beschich-
tung gebildet ist.
35

11. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die

Strömungsmaschine (1) eine Turbine, insbesondere eine Gasturbine, ist.

12. Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5) mindestens einer auf einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordneten Laufschaufel (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine (1), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mittels mindestens eines Messelements (6) eine elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche (5) der mindestens einen Laufschaufel (4) hervorgerufen ist, gemessen und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelt wird.

13. Verfahren zur Bestimmung einer Beschädigung einer elektrisch isolierenden Oberfläche (8) mindestens einer in einem Gehäuse (2) drehfest angeordneten Leitschaufel (7) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff in einer Strömungsmaschine (1), die in dem Gehäuse (2) auch an einer drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordnete Laufschaufeln (4) aufweist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mittels mindestens eines im Bereich der Leitschaufeln (7) an der Rotorwelle (3) angeordneten Messelements (9) eine elektrische und/oder magnetische Feldstärke, die durch eine Ladungsverteilung an der Oberfläche (8) der mindestens einen Leitschaufel (7) hervorgerufen ist, gemessen und eine Abweichung zu einem vorgebbaren Schwellwert (15) ermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Abweichung an eine Zentrale (12) übermittelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei Überschreiten des Schwellwertes (15) eine Warnmeldung ausgegeben wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei Über-
schreiten des Schwellwertes (15) die Strömungsmaschine (1)
5 abgeschaltet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mittels ei-
ner Messeinheit (10) das dem mindestens einen Messelement (6,
10 9) gelieferte Messsignal transformiert, insbesondere Fourier-
transformiert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass eine FFT-Transformiereinheit
15 (16) verwendet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass das Ergebnis der Trans-
formation angezeigt und/oder gemeldet wird.

20

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Ergebnis
der Transformation mit einem vorgebbaren Schwellwert (17)
verglichen wird.

1 / 4

FIG 1

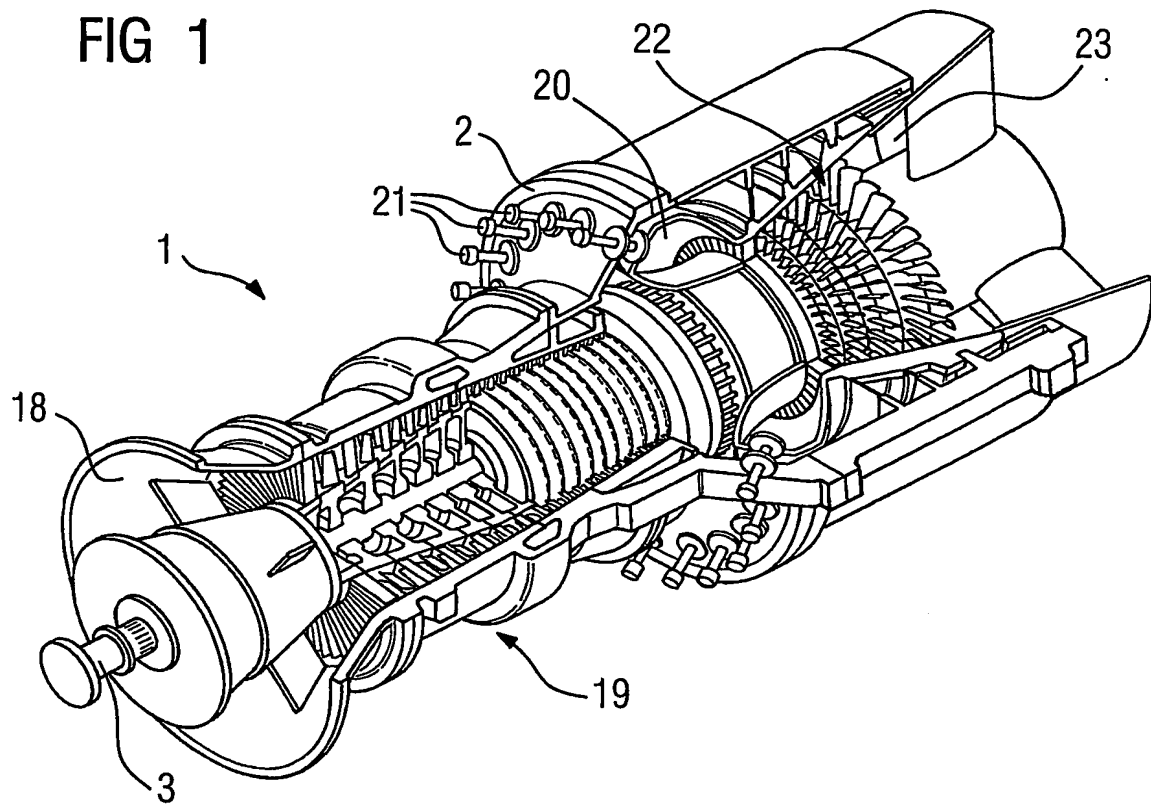


FIG 2

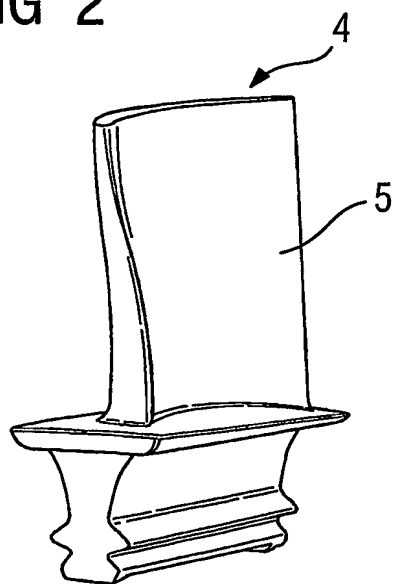


FIG 3

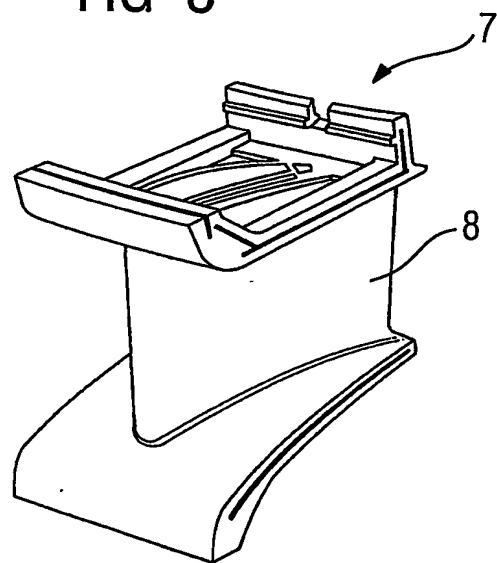


FIG 4

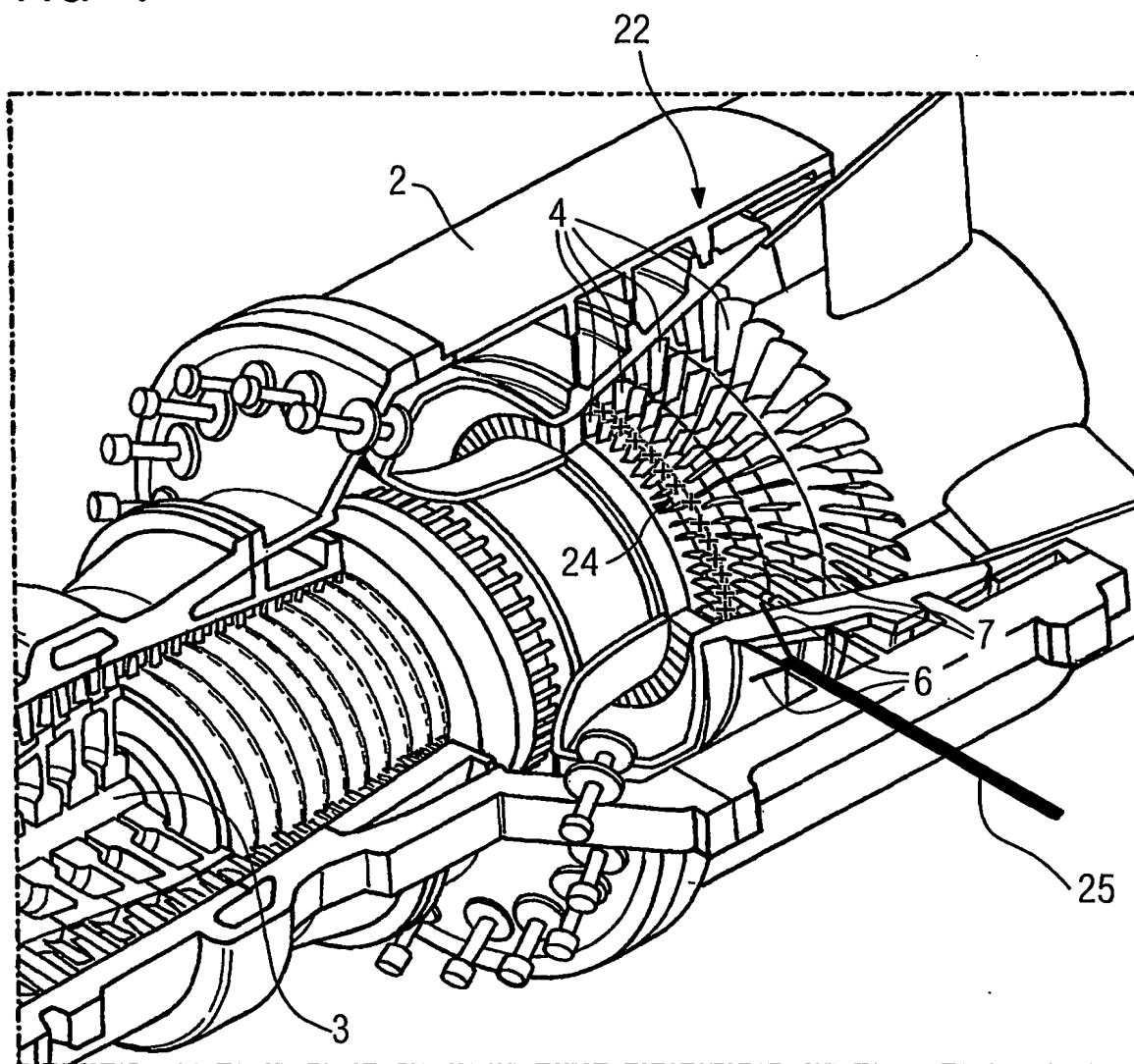


FIG 5

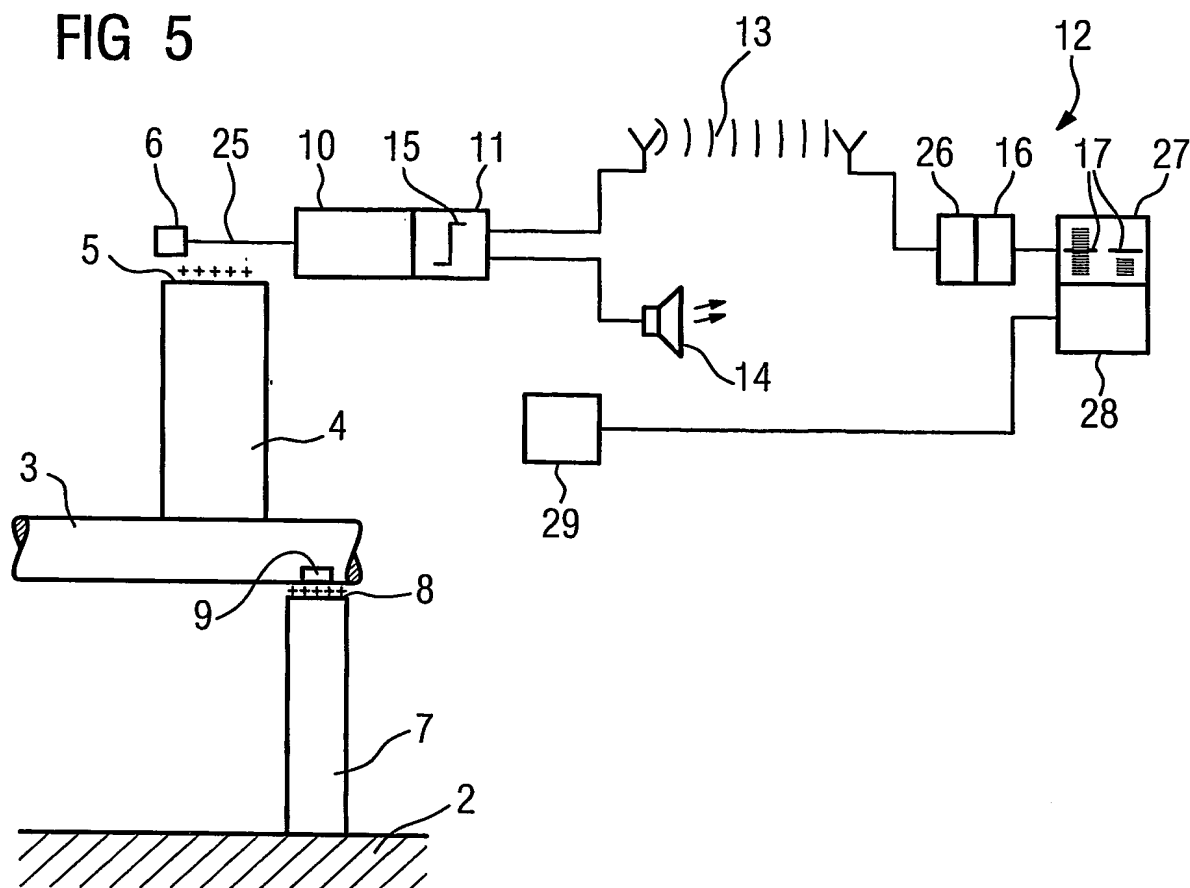
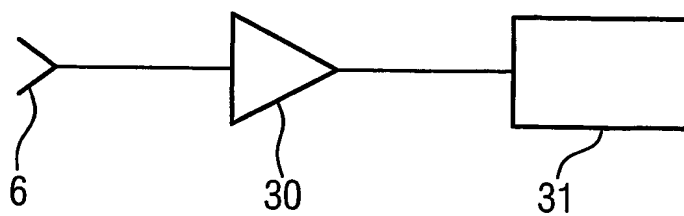


FIG 6



4 / 4

FIG 7

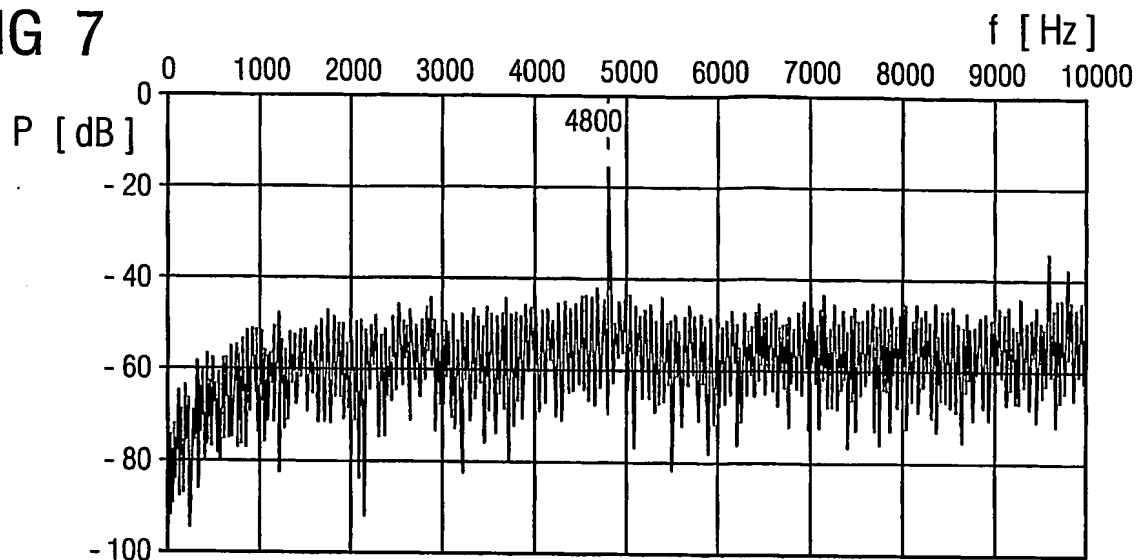


FIG 8

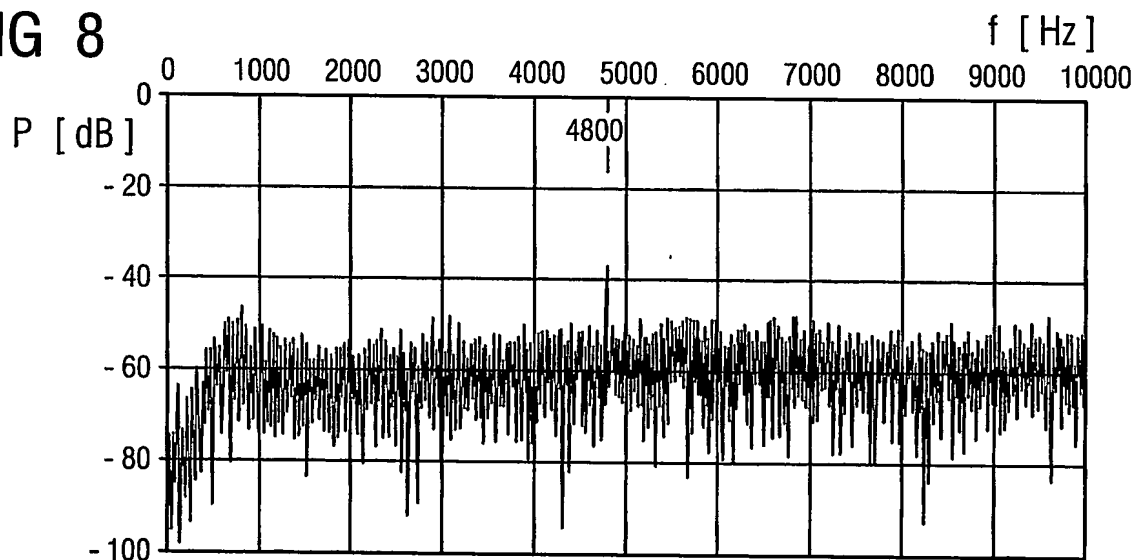
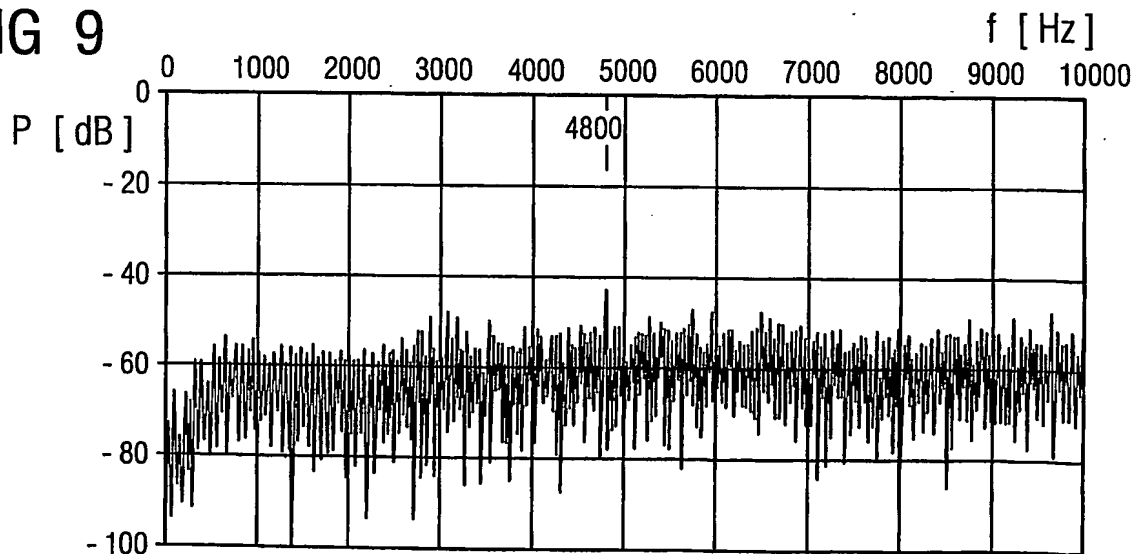


FIG 9



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Mai 2004 (21.05.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/042199 A3

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 31/12, F01D 21/14, 5/28

(30) Angaben zur Priorität:
102 51 720.7 6. November 2002 (06.11.2002) DE

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/003411

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Oktober 2003 (14.10.2003)

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOSSELMANN,
Thomas [DE/DE]; Ringstr. 30 A, 91080 Marloffstein
(DE). EIERMANN, Franz [DE/DE]; Sonnenhang
42, 96199 Zapfendorf (DE). HEINDEL, Hans-Peter
[DE/DE]; Carlo-Schmid-Str. 9, 90765 Fürth (DE).

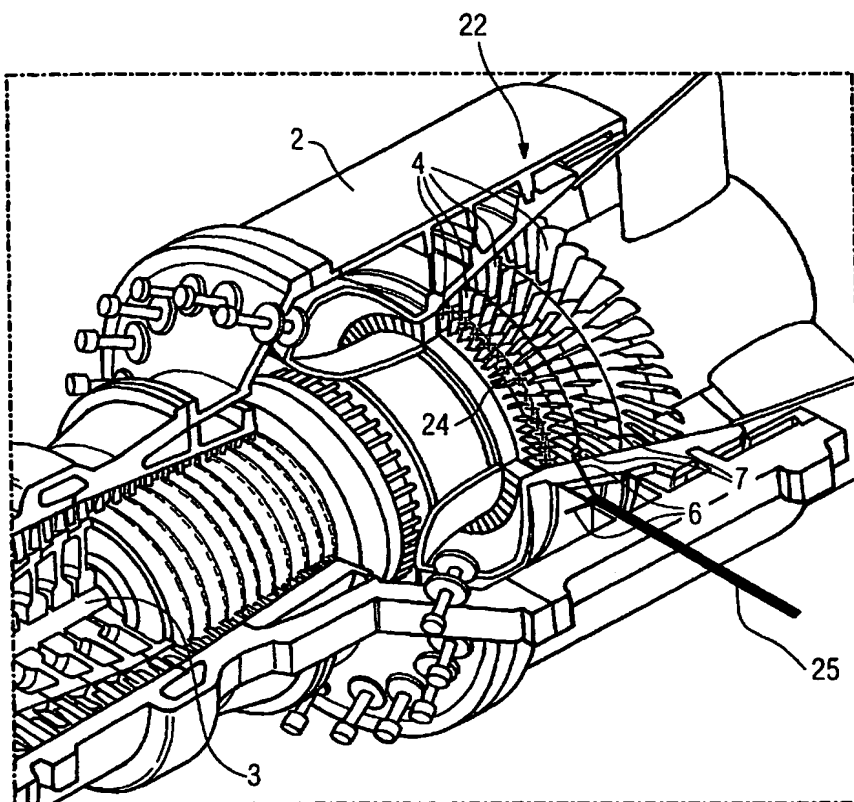
(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TURBO ENGINE

(54) Bezeichnung: STRÖMUNGSMASCHINE



(57) Abstract: The turbo engine (1) comprises rotor blades (4) made of an electrically conductive material with an electrically insulating surface (5), said rotor blades being rotatably mounted on a rotor shaft (3) arranged in a housing (2). The electrically conductive material of the rotor blades (4) is electrically connected to a reference potential. At least one measuring element (6) is arranged in the area of the rotor blades, said measuring element being intended for measuring an electrical and/or magnetic field strength caused by charge distribution on the surface (5) of the rotor blades (4).

(57) Zusammenfassung:
Die Strömungsmaschine (1) umfasst an einer in einem Gehäuse (2) drehbar gelagerten Rotorwelle (3) angeordnete Laufschaufeln (4) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff mit einer elektrisch isolierenden Oberfläche (5). Der elektrisch

leitfähige Werkstoff der Laufschaufeln (4) ist mit einem Bezugspotential elektrisch verbunden. Im Bereich der Laufschaufeln (4) ist mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/042199 A3



SCHNELL, Wilfried [DE/DE]; Langgasse 23, 91301 Forchheim (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter:** SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts:** 21. Oktober 2004

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/12 F01D21/14 F01D5/28

Rec'd

PTO

28 APR 2005

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R G01N F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 552 711 A (DEEGAN THIERRY ET AL) 3 September 1996 (1996-09-03) column 1, line 4 - line 14 column 1, line 47 - line 56; claims 1-7	1,2, 11-13
P,X	US 6 512 379 B2 (HARROLD RONALD THOMAS ET AL) 28 January 2003 (2003-01-28) cited in the application column 4, line 27 - column 6, line 58; figures 1-5 & US 2002/190721 A1 19 December 2002 (2002-12-19)	1,2,12, 13
A	US 4 591 794 A (COUCH ROBERT P ET AL) 27 May 1986 (1986-05-27) column 4, line 31 - column 5, line 5; figure 1	1,2,12, 13
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 September 2004

Date of mailing of the international search report

08/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Heinsius, R

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 295 04 479 U (ISTEC GMBH) 18 July 1996 (1996-07-18) page 4, paragraph 3 - page 5, paragraph 1; figure 1	1,2,12, 13
A	US H1 006 H (ZWICKE PHILLIP E) 3 December 1991 (1991-12-03) column 3, line 65 - column 5, line 4; figures 1-4	1,2,12, 13

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5552711	A	03-09-1996	NONE	
US 6512379	B2	19-12-2002	US 2002190721 A1	19-12-2002
US 2002190721	A1	19-12-2002	NONE	
US 4591794	A	27-05-1986	NONE	
DE 29504479	U	18-07-1996	DE 29504479 U1	18-07-1996
US H1006	H	03-12-1991	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G01R31/12 F01D21/14 F01D5/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G01R G01N F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 552 711 A (DEEGAN THIERRY ET AL) 3. September 1996 (1996-09-03) Spalte 1, Zeile 4 - Zeile 14 Spalte 1, Zeile 47 - Zeile 56; Ansprüche 1-7	1,2, 11-13
P,X	US 6 512 379 B2 (HARROLD RONALD THOMAS ET AL) 28. Januar 2003 (2003-01-28) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 27 - Spalte 6, Zeile 58; Abbildungen 1-5 & US 2002/190721 A1 19. Dezember 2002 (2002-12-19)	1,2,12, 13
A	US 4 591 794 A (COUCH ROBERT P ET AL) 27. Mai 1986 (1986-05-27) Spalte 4, Zeile 31 - Spalte 5, Zeile 5; Abbildung 1	1,2,12, 13
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. September 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Heinsius, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 295 04 479 U (ISTEC GMBH) 18. Juli 1996 (1996-07-18) Seite 4, Absatz 3 - Seite 5, Absatz 1; Abbildung 1	1,2,12, 13
A	US H1 006 H (ZWICKE PHILLIP E) 3. Dezember 1991 (1991-12-03) Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 5, Zeile 4; Abbildungen 1-4	1,2,12, 13

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5552711	A	03-09-1996	KEINE	
US 6512379	B2	19-12-2002	US 2002190721 A1	19-12-2002
US 2002190721	A1	19-12-2002	KEINE	
US 4591794	A	27-05-1986	KEINE	
DE 29504479	U	18-07-1996	DE 29504479 U1	18-07-1996
US H1006	H	03-12-1991	KEINE	